

无人机测绘技术在水利水电工程中的应用策略

苏春燕

新疆疆海测绘科技有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2100

[摘要] 为了提高水利水电工程测绘精度,满足建设需求。本文首先通过文献总结法,分析无人机测绘技术在水利水电工程中的优势。随后,则采用个案分析法,以新疆某水利水电工程为例,对其应用策略与应用效果进行分析。通过研究得知,无人机测绘技术具有测绘高效、精准的优势,能够在恶劣的环境中运行,可满足大部分工程需求。根据以上内容,可得出结论,在水利水电工程项目中,无人机测绘技术具有一定推广、应用价值。

[关键词] 水利水电工程; 无人机测绘技术; 应用策略

中图分类号: TV 文献标识码: A

Application strategy of UAV mapping technology in water conservancy and hydropower projects

Chunyan Su

Xinjiang Jianghai Surveying and Mapping Technology Co., Ltd

[Abstract] In order to improve the surveying and mapping accuracy of water conservancy and hydropower projects, to meet the construction needs. In this paper, we first analyze the advantages of uav mapping technology in water conservancy and hydropower projects through the literature summary method. Subsequently, the case analysis method is adopted to take a water conservancy and hydropower project in Xinjiang as an example to analyze its application strategy and application effect. Through research, we know that the UAV mapping technology has the advantages of efficient and accurate surveying and mapping, which can operate in a harsh environment and meet most of the engineering needs. According to the above content, it can be concluded that uav mapping technology has certain promotion and application value in water conservancy and hydropower projects.

[Key words] water conservancy and hydropower engineering; uav mapping technology; application strategy

前言

为满足我国建设需求,各省市均有水利水电工程项目兴建。根据光明网提供的数据,在2024年,我国新开工国家水网重大工程41项,实施水利工程项目46967个,完成水利建设投资13529亿元。测绘是水利水电工程的基础环节,其是否精确,与水利水电工程进度、质量,关系密切。受多种因素影响,传统的测绘方式,已经无法满足水利水电工程的实际测绘需求。在这样的时代背景下,无人机测绘技术由于其灵活、精准、高效的优点,受到了广泛关注。对其进行分析与研究,能够促进我国水利水电工程发展,满足生产、生活所需,具有重要的现实意义。

1 无人机测绘技术概述

无人机测绘技术最早可追溯于20世纪60年代,是1种典型的信息化测绘技术,该技术充分融合LiDAR技术, GIS技术等手段,具有技术简单、机动性强、灵活性高的优势。因此,可满足不同工程的需求,应用范围极为广阔,应用效果优异。

2 无人机测绘技术在水利水电工程中的应用优势

因为实际建设需求,水利水电工程大多位于偏远地区,具有以下特征:通信不便、气象复杂、植被繁茂、河谷狭窄、山高路险,为测绘工作带来了较大的危险与困难。此外,水利水电工程的基本特性为高、精、尖,因此,其对测绘精度有极高的要求。通常,需达到1:2:000比例尺地形图成像精度。如测绘地区为坝区,对测绘要求更加严格,需达到1:1000,乃至1:500比例尺地形图成果精度。根据上述内容,可以做出推论。如采用传统的、以人工为主的测绘方式,已无法满足水利水电工程的要求。在这样的时代背景下,无人机测绘技术受到广泛关注。与传统的测绘方式相比,其具备如下优势^[1]。

(1) 具有较高的数据获取效率。在进行无人机测绘时,RS技术为核心技术。无人机上安装有机载激光雷达,可以较高频率进行激光束的发射,并接收反射的信号,这一方式,可详细、精准、快速地记录三维位置信息。如采取传统的测绘技术,需人工干预,

极易出现纰漏。而无人机航摄时,技术人员干预内容较少,仅开展前期准备活动即可,而数据获取、数据处理等环节,均交由信息化技术自动完成,有效确保测绘的精确性。同时,水利水电测绘工作普遍有2个特点。①成果精度要求较高。②测绘工期紧。传统测绘方式耗时长,工作量大,难以满足当代测绘需求。相比于传统测绘技术,采用无人机测绘技术后,成图时间可缩短40%左右,补测工作量节省50%,外业调绘工作量减少50%。由此可见,无人机测绘技术更能满足时代需求^[2]。

(2)有效克服植被影响。正如前文所述,水利水电工程所处区域,植物通常较为繁茂。如果采用传统的航空测量,或人工测量,极易被植被干扰,导致测绘精度无法达到预期。而无人机技术则可有效改善这一问题,无人机所释放的激光,单向性是极为优异的。在进行测绘时,即便是狭窄的缝隙,其亦能穿过。由此可见,利用无人机对植被繁茂地区进行测绘工作时,其释放的激光脉冲,能够有效获取地表、灌木、树干、道路、树冠等多个反射回波。需要重视的是,此时由于植被遮掩,获取的地面点数量势必会有所降低。但技术人员通过一系列的合理措施(如扫描角度调整、发射功率增强、增加重叠度以及航线的科学设置等),无人机仍能够获取足够支持测绘工作的地面点密度,使项目需求得到满足。对点云进行分类、滤波处理后,可获取准确的非地面点与地面点,再与反射强度信息结合,分类出道路、桥梁、建筑、植被、房屋、地面等要素。这一方式获得的DEM,与传统方法获得的DEM相比,具有精度极高的特点,可准确、系统、全面地对地形微小起伏特征进行表达,更好地满足水利水电工程建设需求^[3]。

(3)应用范围广泛。本技术可应用于水利水电工程的三维建模,准确、迅速地获取土方断面、库区纵横断面、坝址以及水文断面等信息,这一特点,可为库容与水库淹没范围线的计算提供便利,提高准确度,降低技术人员的工作强度^{[4][5]}。

3 案例分析

3.1 案例区域

案例区域位于新疆某地,具有显著的山地特征,两侧山高且陡峭,植被极为茂盛,高差约为150m,中间被湍急河流分割。区域内,罕有人迹,仅有部分农户放牧为生。通信、交通皆极不便利。此外,项目进行的过程中,正值雨季(6-8月),雨水较为频繁,使得有效测绘时间极短。为顺利完成测绘工作,经多方考虑,决定租赁无人机若干,进行测绘工作。为确保测绘精度,主要采用的测绘技术为LiDAR技术。绘制内容为坝址区、库区地形图,测绘面积为2km²,根据《规范》中,对于1:1000地形图的精度要求执行。

3.2 设备简介

本研究所用设备为XC-25双头龙无人机,生产厂家为四川傲势科技有限公司,搭载1350测程激光雷达与HS-340低空激光扫描测图系统,航时2~6h,载荷能力1~6kg,最大起飞重量25kg,控制半径50~100km,最大起降海拔4500mm,环境适应范围-20℃~60℃,具有灵活方便的特性,对起降场无过高要求,适合案例区域的环境。

3.3 技术路线

(1)数据采集路线。在进行数据采集工作前,主管部门撰写空域申请,向空域管辖部门发送,并通过多种渠道,对已有测量成果与气象资料进行收集、整理与分析;接着,组织技术人员,前往现场,对现场进行分析、勘察,寻找开阔、平坦、安全的无人机起飞场地,同时,通过航迹线规划软件(DPGO 2024)开展航线设计,根据测绘要求,确定航摄分区。在航摄开始前30min,技术人员必须启动地面基站的数据采集功能,其采集频率为1次/s。需要重视的是,这一过程中,为确保采集数据的精准性,数据不可因任何原因中断,直至航摄结束,接收机关闭。需对LiDAR设备进行2次静态观测,起飞前1次,降落后1次,观测时间皆为5min。这一方式,可使GNSS数据、IMU数据记录详实完整。在数据采集环节结束后,为减少噪音,确保精度,需对其开展预处理,检验内容主要有3项。①摄区间及航线间匹配精度;②航摄漏洞是否存在;③调查数据采集范围是否与设计保持一致。如图1所示。

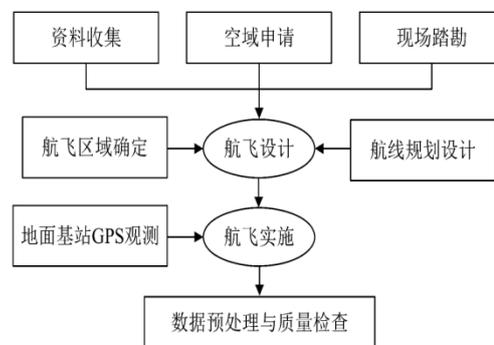


图1 数据采集路线

(2)数据处理路线。经验证,无问题后,需对点云数据开展点云滤波、坐标转换与非地面点、分离地面点处理,接着,通过地面点进行DEM、等高线、高程注记点的制作。最后,以点云数据采集地要素与DEM为依据,将外业调绘数据与地物地貌合并,同时进行数字线划图的编辑。如图2所示。

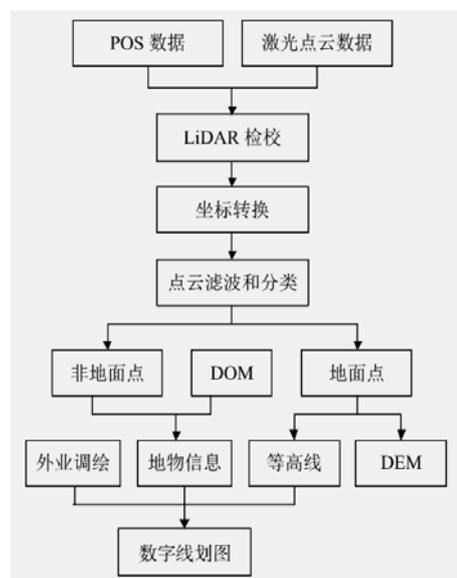


图2 数据处理路线

3.4 成果质量分析

在本研究中,无人机飞行高度为200m,速度为10m/s,视角角180°,架次飞行共4次,LiDAR点云数据获取面积为6km²。通过统计分析,技术人员最终得出如下结果,点云密度为44点/m²。本研究获取的各项内容,均与《机载激光雷达数据获取技术规范》(以下简称规范)中的相关要求契合,能够为水利水电工程建设提供依据。对本次研究的操作方式进行分析,有助于推动无人机测绘技术在水利水电工程中的应用。

3.4.1 LiDAR点云精度分析

在案例项目中,外业高程检查点对不同地类数据(包括乔木林、山体、灌木林、裸露地表、道路、草地)进行细致的采集、分析。为了确保测试数据具有较高的精准性,可对测区具体状况予以真实、准确的反应。采集点被设置在研究区域的不同地点,实现全覆盖。在外采时,获得检核点数量共计523个。技术人员对比采集成果与LiDAR点云数据,最终发现,其中有3个点高程较差>1.5m。通过对地形地貌与获取数据的分析,最终得出结论。3个点均在高程突变处分布,此时,由茂盛的植被覆盖。在上述条件的影下,最终导致点云数据的偏差。因此,3个点可被视为粗差点,予以剔除。图3为点云数据与检核点高程误差分布直方图,表1为点云高程精度统计。根据《规范》中的要求,1:1000比例尺山地地形点云数据高程精度中误差应为±0.50m。通过图3,表1可知,93.3%的点误差集中在+0.4m的范围内,误差分布与正态分布特征相符。

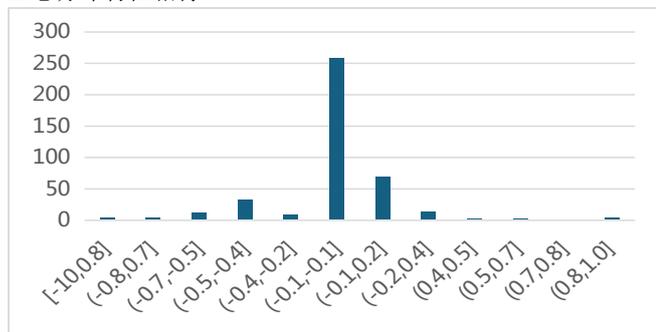


图3 点云数据与检核点高程误差分布直方图

表1 点云高程精度统计

数据类型	检核点/个	比例尺	最小值/m	最大值/m	中误差/m	误差均值/m
点云数据	520	0.7361111111	-0.973	0.397	0.243	-0.25

3.4.2 对于地形图精度的分析

因为研究区域属于山区的范畴,具有地物数量较少的特征。鉴于此,在进行外业时,设计的特征检查点较少,仅为17个,其中,大坝特征点7个,房屋角点5个,电线杆5个。经统计分析,中误差为0.305m。对地形图高程精度进行评价时,主要分析内容包括图幅、图幅高程注记点精度等,可以高程精度为依据,开展统计、分析工作。根据上述内容,可得出结论。本研究地形图精度与《规范》中的相关要求相契合,具有应用价值。

3.4.3 DEM精度分析

DEM是指数字高程模型,主要用于高程数据的表示。其由分类后的地面点云数据形成。在本次研究中,为保证测绘精度,外业所采集的地面检核点较多,共计510个,技术人员比对检核点高程和与之对应的DEM高程。图4为DEM与检核点高程误差分布直方图,表2为DEM高程精度统计结果。在《规范》中规定,1:1000比例尺山地地形DEM数据高程精度要求,为中误差±0.70m,通过图4,表2可知,91.7%的点误差集中在±0.4m,由此可见,误差分布与正态分布特征相符。

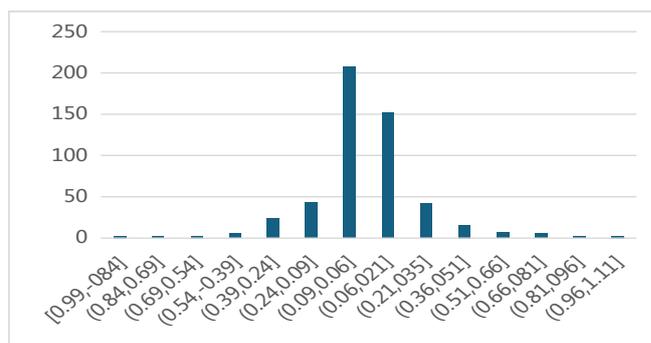


图4 DEM与检核点高程误差分布直方图

表2 DEM高程精度统计

数据类型	检核点/个	比例尺	最小值/m	最大值/m	中误差/m	误差均值/m
DEM数据	510	1: 1 000	-0.989	12154	0.163	0.06

4 结论与展望

(1) 结论:通过本研究可知,与传统的测绘方向相比,无人机测绘技术具有精准、快捷,能够适应各类复杂的地形条件的优势,如合理应用,可为水利水电工程的设计与应用,提供良好的基础,具有一定的推广应用价值。

(2) 展望。本研究所采用的技术,依旧需人工操作,耗时长,人工成本较高,有出现纰漏的可能性,影响设计精度。因此,应当将物联网、人工智能、大数据、机器视觉等技术,与无人机测绘技术相结合,实现测绘工作的自动化、智能化,达成“降本增效”的目标。

【参考文献】

- [1]吴传彦,赵伟,吴永江,等.低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用[J].陕西水利,2025,(02):105-107.
- [2]廖明晖.无人机测量技术获取高精度地形数据的应用[J].河南水利与南水北调,2024,53(12):57-58.
- [3]陈飞.无人机遥感技术在水利工程测量中的应用探究[J].科技资讯,2024,22(24):179-181.
- [4]赵文超.水利水电工程三维地质勘察系统简介[J].水利水电工程设计,2024,43(04):28.
- [5]杨磊.利用无人机技术进行水利工程巡检的有效性分析[J].水上安全,2024,(21):13-15.

作者简介:

苏春燕(1989--),女,汉族,山东定陶人,本科,工程师,从事研究方向:测绘摄影测量与遥感。